

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

KI-HO HAN, ET AL.

Application No.:

Filed:

For: **DEVICE AND METHOD FOR  
COMPENSATING FOR POLARIZATION  
MODE DISPERSION IN OPTICAL  
TRANSMISSION**

Art Group:

Examiner:

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

**REQUEST FOR PRIORITY**

Sir:

Applicant respectfully requests a convention priority for the above-captioned application, namely:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>DATE OF FILING</u>
Korea	10-2002-0083726	24 December 2002

☒ A certified copy of the document is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Blakely, Sokoloff, Taylor & Zafman LLP

Dated: \_\_\_\_\_

10/15/03

Eric S. Hyman, Reg. No. 30,139

12400 Wilshire Blvd., 7th Floor  
Los Angeles, California 90025  
Telephone: (310) 207-3800



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원번호 : 10-2002-0083726  
Application Number

출원년월일 : 2002년 12월 24일  
Date of Application DEC 24, 2002

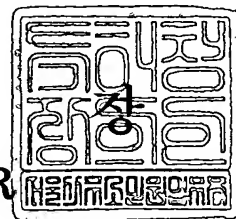
출원인 : 한국전자통신연구원  
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Institute



2003      년      09      월      18      일

특      허      청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0018
【제출일자】	2002.12.24
【발명의 명칭】	광전송 시스템의 편광 모드 분산 보상 장치 및 그 보상 방법
【발명의 영문명칭】	Polarization mode dispersion compensating device in optical transmission system and method thereof
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【명칭】	유미특허법인
【대리인코드】	9-2001-100003-6
【지정된변리사】	이원일
【포괄위임등록번호】	2001-038431-4
【발명자】	
【성명의 국문표기】	한기호
【성명의 영문표기】	HAN, KI HO
【주민등록번호】	700423-1095135
【우편번호】	604-810
【주소】	부산광역시 사하구 괴정3동 409-24 14/2
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	주무정
【성명의 영문표기】	CHU, MOO JUNG
【주민등록번호】	580206-1009614
【우편번호】	305-755
【주소】	대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 131동 204호
【국적】	KR
【심사청구】	청구

## 【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인  
유미특허법인 (인)

## 【수수료】

【기본출원료】	20	면	29,000	원
【가산출원료】	13	면	13,000	원
【우선권주장료】	0	건	0	원
【심사청구료】	15	항	589,000	원
【합계】	631,000 원			
【감면사유】	정부출연연구기관			
【감면후 수수료】	315,500 원			

## 【기술이전】

【기술양도】	희망
【실시권 허여】	희망
【기술지도】	희망

## 【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)\_1통

## 【요약서】

## 【요약】

본 발명은 고속 광전송 시스템의 전송 광섬유에서 발생하는 편광모드분산(PMD, Polarization Mode Dispersion)을 보상하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

전송 광섬유를 통과한 신호광은 PMD의 영향으로 두 수직한 주편광상태(PSP, Principal State of Polarization) 사이에 시간 지연차를 겪는다. 이를 제거하기 위해 먼저, 전송 광섬유의 출력광을 편광조절기(PC)로 편광상태를 변환하여 PBS(Polarization Beam Splitter)로 입력한다. PBS의 두 개의 서로 수직한 출력편광 중 제1 편광성분은 제1 경로를 따라 가변지연선을 거쳐 파라데이 회전거울에 의해 90도 회전하여 반사된 후 다시 PBS로 입력된다. 제2 편광성분은 제2 경로를 따라 진행하여 부분투과 파라데이 회전거울에 의해 일부는 투과되고 나머지는 반사된다. 반사된 제2 편광성분은 다시 PBS로 입력되어 역시 PBS로 재입력된 제1 편광성분과 결합하여 출력경로로 전송된다. 투과한 제2 편광성분은 광검출기와 대역투과필터를 통해 특정 주파수의 전력성분이 여과되어 PC제어기에 입력된다. PC제어기는 현재 측정된 전력값과 이전 측정값 중 작은 값을 선택하도록 PC를 피드백 제어한다. 이러한 반복적인 피드백 과정을 거치면 결국 신호광의 두 PSP성분은 PBS의 두 축에 정렬되어 분리되고 각각 제 1 및 제 2 경로를 따라 진행하게 된다. PBS의 출력경로로 나온 제 1 및 2 편광성분의 결합광은 지연선제어기로 입력되고 지연선제어기는 두 편광간의 시간지연차가 제거되도록 피드백신호를 가변지연선에 인가하여 반복적으로 제어한다. 이 결과 PMD가 보상된 신호를 최종적으로 얻을 수 있다.

이러한 본 발명에 따르면, PSP제어를 시간지연차제어로부터 분리하여 독립적으로 제어함으로써 보상소요시간을 대폭 줄이는 동시에 시간에 따라 변하는 PMD에 자동 적응하여 고속으로 보상할 수 있다. 또한, 보상 장치의 효율성과 신뢰성을 보장할 수 있다.

1020020083726

출력 일자: 2003/9/23

【대표도】

도 1

【색인어】

편광모드분산(PMD), 보상기, 주변광상태(PSP)

## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

광전송 시스템의 편광 모드 분산 보상 장치 및 그 보상 방법{Polarization mode dispersion compensating device in optical transmission system and method thereof}

## 【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 편광모드 분산 보상기의 개략적인 구조도이다.

도 2는 도 1에 도시된 PC 제어기의 세부적인 구조도이다.

도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 PSP 감시부의 다른 구조도이다.

도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 지연선 제어기의 세부적인 구조도이다.

도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 지연선 제어기의 또 다른 구조도이다.

도 6은 주어진 각 DGD값에 대해 PSP와 PBS축 사이의 각에 따른 주파수 10GHz에서의 전력 변화를 나타낸 그래프이다.

도 7은 주파수 10,20,30GHz에서의 상대적인 전력변화를 PSP와 PBS축 사이의 각에 따라 나타낸 그래프이다.

## 【발명의 상세한 설명】

## 【발명의 목적】

## 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<8> 본 발명은 편광 모드 분산 보상에 관한 것으로, 더욱 상세하게 말하자면, 고속 광전송 시스템에 있어서 광신호가 전송 과정에서 경험하게 되는 편광 모드 분산(Polarization Mode

Dispersion:이하, PMD라고 명명함)을 고속으로 자동 보상하는 보상 장치 및 그 보상 방법에 관한 것이다.

- <9> 고속 광전송 시스템에 있어서 전송 광섬유에서 발생하는 PMD는 광신호의 대역폭과 전송 거리를 제한하는 주된 요인 중의 하나이다. PMD는 광섬유 코어의 비대칭성 및 시간에 따라 변화하는 환경 요인에 의해 발생하는 복굴절과 랜덤한 편광모드결합의 영향으로, 전송 광섬유의 주편광상태(Principal State of Polarization, 이하, PSP라고 명명함)라고 부르는 서로 수직인 두 편광사이에 초래된 군지연차(DGD, Differential Group Delay) 또는, 시간 지연차(Differential time delay)로 인한 광신호의 파형 왜곡을 의미한다. 이 때 두 PSP 성분 각각은 파형의 왜곡 없이 전송된다. 두 편광의 시간 지연차와 크기는 같고 방향이 반대인 시간 지연을 이 두 성분에 인위적으로 인가하면, 결과적으로 상호지연이 서로 상쇄되어 PMD로 인한 신호왜곡이 보상된다.
- <10> 이러한 PMD보상원리를 적용한 종래 기술들을 살펴보면 다음과 같은 것이 있다.
- <11> B. W. Hakki는 IEEE Photonics Technology Letters, vol 9, pp. 121-123, (1997) 에서 “위상 다이버시티 검출에 의한 편광 모드 분산 보상(Polarization Mode Dispersion Compensation by Phase Diversity Detection)” 과 같은 PMD 보상방법을 제시하였다.
- <12> 이 종래 기술은 두 PSP 성분의 시간 지연차를 믹서기(mixer)로부터 알아낸 후, 이것과 크기가 같은 시간지연을 가변 지연선(Variable delay line)에 인가하여 PMD를 보상한다.
- <13> 그러나 두 PSP 광전력 크기변화에 상관없이, 해당하는 두 믹서기로 입력되는 전기 신호가 같아야 하는데, 이를 위해서는 별도의 고속 AGC(Automatic gain control) 회로 소자가 요구된다.



- <14> 따라서 비트율이 증가할수록 별도로 정밀한 고가의 고속 전자 소자가 요구됨으로써, 비용 증가나 구조가 복잡해지는 단점이 발생한다.
- <15> 또한, PMD 보상원리를 적용한 종래 기술로, 미국 특허 번호 5930414에 개시된 "1차 편광 모드 분산의 자동 보상 장치 및 그 방법(Method and Apparatus for Automatic Compensation of First-Order Polarization Mode Dispersion)" 이 있다. 이 종래 기술은 마하젠더(Mach-Zehnder) 간섭계형의 보상기를 사용하여 보상기 출력의 전기스펙트럼을 적분하고 하나의 제어기로 그 값을 모니터링하여 광학 지연선과 편광변환기를 교대로 피드백제어함으로써, PMD로 인한 시간 지연차를 보상한다는 방식을 제안하였다.
- <16> 그러나, 광학 지연선에 의해 주어진 각 지연값에 대해 편광 변환기를 조정하여 모든 편광상태를 변화시켜서 스펙트럼 적분치의 최대값을 찾아야 하기 때문에, 보상시간이 상대적으로 많이 소요된다는 단점이 있다.
- <17> 또한, 종래 기술로는 미국 특허 번호 6130766에 "주편광상태 추적 기술을 이용한 편광 모드 분산(Polarization Mode Dispersion Compensation via an Automatic Tracking of a Principal State of Polarization)" 이 개시되어 있다. 이 종래 기술은 송신단의 광원을 주파수 변조하고 편광 광분할기(PBS: Polarization Beam Splitter)의 한쪽 출력에서 두 PSP성분의 간섭신호의 2차 조화성분을 감시하여, 그 값을 최소화하는 방향으로 편광 조절기(PC, Polarization controller)를 조정하여 두 PSP 성분 중 왜곡되지 않은 한 성분만을 추출함으로써 PMD를 보상한다는 방식을 제시하였다.
- <18> 그러나, 송신단에 주파수변조를 위한 별도의 장치와 조작이 필요하고 디지털 신호 처리 방식을 사용함으로써, 상대적으로 신호 처리 구성이 복잡하다는 단점이 있다.

**【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**

- <19> 그러므로 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 종래의 단점들을 해결하기 위한 것으로, 광전송 시스템에서, 주변광상태 제어를 시간 지연차 제어로부터 분리하여 독립적으로 수행함으로써, PMD 보상 소요 시간을 대폭 감소시키는 동시에, 시간에 따라 변하는 PMD에 자동 적응하여 고속으로 PMD를 보상하는 장치 및 그 방법을 제공하는데 있다.
- <20> 또한, 본 발명의 다른 기술적 과제는 PMD 보상의 신뢰성과 효율성을 보장할 수 있는 PMD 보상 장치 및 그 방법을 제공하는데 있다.

**【발명의 구성 및 작용】**

- <21> 이러한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 PMD 보상 장치는, 광전송 시스템의 전송 광섬유에서 발생하는 PMD를 보상하는 장치로서, 상기 전송광섬유를 통해 수신된 신호광의 편광의 상태와 방향을 변환하는 편광조절기; 상기 편광조절기로부터 출력된 신호광을 서로 수직한 두 개의 출력편광으로 분리하여, 이 중 제1 편광성분은 제1 경로로 전송하고, 제2 편광성분은 제2 경로로 각각 전송한 후, 각 경로의 끝단에서 반사되어 돌아온 두 편광성분을 다시 결합하여 출력 경로로 전송하는 편광 광 분할기; 상기 제1 경로를 진행하는 제1 편광성분에 시간지연을 가변적으로 인가하는 가변지연선; 상기 제1 경로의 가변 지연선으로부터 출력된 편광을 설정 각도로 회전시켜서 반사하는 파라데이 회전거울; 상기 제2 경로로 진행하는 제2 편광성분 중 일부는 설정 각도로 회전시켜 반사하고, 나머지는 수신하여 전기적인 신호로 출력하는 주변광상태 감시부; 상기 주변광상태 감시부로부터 출력된 신호를 이용하여 상기 신호광의 두 개의 수직한 주변광상태가, 상기 편광 광 분할기의 수직한 두 축에 정렬되도록 상기 편광 조절기를 제어하는 편광 조절기 제어기; 상기 편광 광 분할기로부터 출력되어 상기 출력 경로로 진행하는 신호 광을 분기하는 광학탭; 및 상기 광학탭으로부터 분기된 신호광을 이용하여

상기 가변 지연선을 제어하여 신호광의 상기 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분의 시간 지연차를 제거하도록 하는 지연선 제어기를 포함한다.

<22> 여기서, 제 1 경로에 위치한 파라데이 회전거울은 파라데이 회전소자와 거울을 포함한다.

<23> 한편, 상기 주변광상태 감시부는 파라데이 회전소자와 부분 투과거울로 이루어져, 상기 제2 편광성분 중 일부는 설정 각도로 회전시켜 반사하고, 나머지는 투과시키는 부분투과 파라데이 회전거울; 상기 부분투과 파라데이 회전거울에서 투과되는 광을 전기신호로 변환하는 광검출기; 및 상기 전기 신호 중 설정 주파수 성분을 여과시키는 대역투과필터를 포함할 수 있다.

<24> 또한, 상기 주변광상태 감시부는, 광학탭; 상기 광학 탭으로부터 통과된 제2 편광 성분을 설정 각도로 회전시켜 반사시키는 파라데이 회전거울; 상기 광학탭으로부터 분기된 광을 전기신호로 변환하는 광검출기; 및 상기 전기 신호 중 설정 주파수성분을 여과시키는 대역투과필터를 포함할 수 있다.

<25> 한편, 상기 편광 조절기 제어기는, 상기 주변광상태 감시부로부터 출력된 신호의 제1 전력값과 이전에 측정된 신호의 제2 전력값을 비교하는 전력 비교부; 및 상기 전력 비교부의 결과에 따라 상기 제1 전력값과 제2 전력값 중 작은 값을 선택하도록 상기 편광 조절기에 피드백 제어신호를 인가하는 피드백 제어신호 인가부를 포함할 수 있다.

<26> 그리고, 상기 지연선 제어기는, 상기 광학탭으로부터 분기된 신호광을 전기신호로 변환하는 광검출기; 상기 전기 신호 중 설정 전력 스펙트럼 성분을 여과하는 대역투과필터; 상기 대역 투과 필터에 의하여 여과된 신호의 제1 전력값과 이전에 측정된 제2 전력값을 비교하는

전력비교부; 및 상기 비교결과 제1 전력값과 제2 전력값 중 큰 값을 선택하도록 상기 가변 지연선에 피드백 제어신호를 인가하는 피드백 제어신호 인가부를 포함할 수 있다.

<27> 또한, 상기 지연선 제어기는, 상기 광학탐으로부터 분기된 신호광의 편광도를 측정하는 편광도 측정부; 상기 측정된 제1 편광도와 이전에 측정된 제2 편광도를 비교하는 편광도 비교부; 및 상기 비교결과 제1 편광도와 제2 편광도 중 큰 값을 선택하도록 상기 가변 지연선에 피드백 제어신호를 인가하는 피드백 제어신호 인가부를 포함할 수 있다.

<28> 이러한 특징을 가지는 PMD 보상 장치에서, 상기 편광 조절기 제어기는 상기 지연선 제어기로부터 분리되어 독립적으로 운용되는 것이 바람직하다.

<29> 본 발명의 다른 특징에 따른 PMD 보상 방법은, 광전송 시스템의 전송 광섬유에서 발생하는 PMD를 보상하는 방법으로, a) 상기 전송 광섬유를 통해 수신된 신호광의 편광의 상태와 방향을 편광조절기에 의해 변환하는 단계; b) 상기 편광 조절기로부터 출력된 신호광을 편광광분할기를 이용하여 서로 수직한 두 개의 출력편광으로 분리하여, 이 중 제1 편광성분은 제1 경로로 전송하고, 상기 제2 편광성분은 제2 경로로 각각 전송한 후, 각 경로의 끝단에서 반사되어 돌아온 두 편광성분을 편광 광 분할기에 의해 다시 결합하여 출력경로로 전송하는 단계; c) 가변 지연선을 이용하여 상기 제1 경로를 진행하는 제1 편광성분에 시간 지연을 가변적으로 인가하는 단계; d) 상기 제 1 경로의 가변 지연선으로부터 출력된 편광을 파라데이 회전거울에 의해 설정 각도로 회전시켜서 반사하는 단계; e) 주편광상태 감시부를 이용하여 상기 제 2경로로 진행하는 제2 편광성분 중 일부는 설정 각도로 회전시켜 반사하고 나머지는 투과시키는 단계; f) 상기 주편광상태 감시부로부터 투과된 광을 전기적인 신호로 변환하고, 이 전기적인 신호를 이용하여 상기 신호광의 두 주편광상태(PSP)가 편광 조절기 제어기에 의해 상기 편광 광 분할기의 수직한 두 축에 정렬되도록 편광 조절기를 제어하는 단계; h) 상기 편광 광 분할기로부터

출력되어 상기 출력 경로로 진행하는 신호광을 광학탭에 의해 분기하는 단계; 및 i) 상기 광학탭으로부터 분기된 신호광을 이용하여 신호광의 상기 제 1 편광성분과 상기 제2 편광성분의 시간 지연차를 제거하는 단계를 포함한다.

<30> 여기서, 상기 e) 단계는, 상기 제2 경로로 진행하는 제2 편광성분의 일부는 설정 각도로 회전되어 반사되고, 나머지는 투과하는 단계; 상기 투과된 광을 전기신호로 변환하는 단계; 및 상기 전기 신호의 전력 스펙트럼 중 설정 주파수 성분을 여과시키는 단계를 포함한다.

<31> 또한, 상기 e) 단계는, 상기 제2 경로로 진행하는 제2 편광성분을 광학탭을 이용하여 분기 및 통과시키는 단계; 상기 광학탭을 통과한 편광을 설정 각도로 회전하여 반사하는 단계; 상기 광학탭으로부터 분기된 광을 전기 신호로 변환하는 단계; 및 상기 전기 신호의 전력 스펙트럼 중 설정 주파수성분을 여과시키는 단계를 포함할 수 있다.

<32> 한편, 상기 f) 단계는, 상기 주편광상태 감시부로부터 출력된 신호의 제1 전력값과 이전에 측정된 제2 전력값을 비교하는 단계; 및 상기 비교결과 제1 전력값과 제2 전력값 중 작은 값을 선택하도록 상기 편광 조절기에 피드백 제어신호를 인가하여, 상기 신호광의 두 주편광상태가 상기 편광 광 분할기의 수직한 두 축에 정렬되도록 하는 단계를 포함할 수 있다.

<33> 상기 i) 단계는, 상기 광학탭으로부터 분기된 신호광을 전기신호로 변환하는 단계; 상기 전기 신호의 전력 스펙트럼 중 설정 전력 스펙트럼 성분을 여과하는 단계; 상기 여과된 신호의 제1 전력값과 이전에 측정된 제2 전력값을 비교하는 단계; 상기 비교결과 제1 전력값과 제2 전력값 중 큰 값을 선택하도록 가변지연선에 피드백 제어신호를 인가하여, 상기 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분의 시간지연차를 제거하도록 하는 단계를 포함할 수 있다.

- <34> 또한, 상기 i) 단계는, 상기 광학탭으로부터 출력된 신호광의 편광도를 측정하는 단계; 상기 측정된 제1 편광도와 이전에 측정된 제2 편광도를 비교하는 단계; 및 상기 비교결과 제1 편광도와 제2 편광도 중 큰 값을 선택하도록 가변지연선에 피드백 제어신호를 인가하여, 상기 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분의 시간지연차를 제거하는 단계를 포함할 수 있다. 여기서, 상기 f) 단계와 i) 단계는 각각 분리되어 독립적으로 수행되는 것이 바람직하다.
- <35> 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다.
- <36> 도 1에 본 발명의 실시 예에 따른 PMD 보상 장치의 개략적인 구조가 도시되어 있다.
- <37> 본 발명의 실시 예에 따른 PMD 보상 장치는, 송신기(10)에 연결된 전송 광섬유(20)를 통하여 전송되는 광신호가 입력되는 편광 조절기(polarization controller, 이하, PC라 명명함)(110), 편광 조절기(110)의 출력단에 위치되는 편광 광 분할기(Polarization Beam Splitter, 이하, PBS라 명명함)(120), PBS의 제1 경로(122) 상에 위치한 가변 지연선(Variable delay line)(130), PBS의 제2 경로(124) 상에 위치한 주편광상태 감시부(Principal States of Polarization-monitoring part, 이하, PSP 감시부라고 명명함)(160), PSP 감시부의 출력측에 연결되어 PC를 제어하는 PC 제어기(170), 가변 지연선(130)의 출력측에 위치한 파라데이 회전소자(FR1, Faraday rotator)(142)와 거울(M1, mirror)(144)로 이루어진 파라데이 회전거울(140), PBS(120)의 출력 경로 상에 형성된 광학탭(Optical tap)을 포함한다.
- <38> 여기서, PSP 감시부(160)는 파라데이 회전소자(FR2)(152)와 부분적으로 투과하는 거울(M2)(154)로 이루어진 부분투과 파라데이 회전거울(150), 부분투과 파라데이 회전거울(150)을

통하여 투과된 광을 검출하여 전기적인 신호로 출력하는 광검출기(156), 광검출기에서 출력되는 신호를 필터링하는 대역 투과 필터(BPF)(158)를 포함하며, 대역 투과 필터에서 출력된 신호는 PC제어기(170)로 입력된다.

<39> 도 2에 이러한 구조로 이루어지는 본 발명의 실시 예에 따른 PMD 보상 장치의 PC 제어기(170)의 상세 구조가 도시되어 있다.

<40> PC 제어기(170)는 PSP 감시부(160)의 대역 투과 필터(158)로부터 출력되는 특정 주파수의 신호인 제1 측정값과 이전 측정값인 제2 측정값을 비교하는 전력 비교부(220), 전력 비교부의 결과에 따라 작은 값을 선택하도록 PC(110)에 피드백 제어신호를 인가하는 피드백 제어 신호 인가부(240)를 포함한다.

<41> 다음에는 이러한 구조로 이루어지는 본 발명의 실시 예에 따른 PMD 보상 장치의 동작에 대하여 설명한다.

<42> 송신기(10)로부터 발생한 광신호는 전송 광섬유(20)를 통과하면서 두 개의 수직한 편광 성분 즉, 주편광상태(PSP) 사이에 PMD로 인한 시간 지연차가 발생되며, 이러한 시간 지연차가 발생된 광신호는 본 발명의 실시 예에 따른 PMD 보상 장치(100)에 입력된다.

<43> PMD 보상 장치(100)로 입력된 왜곡된 광신호는 먼저, PC(110)를 통해 편광 상태가 변환된 다음에 PBS(120)에 입력되어 서로 수직한 두 개의 편광으로 분할된다. PBS(120)의 두 수직한 출력 편광중 한 편광(제1 편광 성분)은 제1 경로(122) 상의 가변 지연선(130)으로 보내어지고, 다른 편광(제2 편광 성분)은 제 2경로(124) 상의 PSP 감시부(160)로 보내진다.

<44> 가변 지연선(130)으로 보내진 제1 편광성분은 가변 지연선(130)을 통과하면서 시간 지연되고, 이러한 시간 지연을 경험한 광은 파라데이 회전소자(FR1, 142)와 거울(M1)(144)로 이루

어진 파라데이 회전거울(140)에 의해 90도 회전되어 반사된 후, 다시 가변 지연선(130)을 통해 시간 지연을 겪은 다음 PBS(120)를 경유하여 출력 경로 상의 광학탭(180)으로 향한다.

<45> 한편, PSP 감시부(160)로 입력된 제2 편광성분은 파라데이 회전소자(FR2)(152)와 부분적으로 투과하는 거울(M2)(154)로 이루어진 부분투과 파라데이 회전거울(150)에 의해 일부는 90도 회전되어 반사되고 나머지는 투과된다.

<46> 부분투과 파라데이 회전거울(150)에 의하여 반사된 광은 다시 PBS(120)를 통과하여 광학탭(180)으로 향하고, 부분투과 파라데이 회전거울(150)을 투과한 광은 광검출기(156)에 의해 전기신호로 변환된 다음에 대역 투과 필터(158)를 거쳐 필터링된 다음에 PC 제어기(170)로 입력된다.

<47> PC 제어기(170)에 입력된 전기 신호 즉, 제1 측정값은 전력 비교부(220)에 의해 특정 주파수에서 이전에 측정된 제2 측정값과 비교되고, 피드백 제어 신호 인가부(240)는 위의 비교 결과에 따라 제1 측정값과 제2 측정값 중에서 작은 값을 선택하도록 PC(110)로 피드백 제어신호를 인가한다. 구체적으로, PC 제어기(170)에서 측정되는 전력값이 PC(110) 조정에 따라서 변하는데, 이 전력값이 최소가 되도록 즉 최소값에 수렴하도록 PC(110)에 전압(피드백 제어 신호)을 인가한다.

<48> 이러한 반복적인 피드백 과정을 거치면 결국 신호광의 두 PSP 성분은 PBS(120)의 두 축에 정렬되어 분리되고 각각 제 1 및 제 2 경로(122,124)를 따라 진행하게 된다.

<49> 한편, PBS(120)의 출력 경로로 나온 제 1 및 2 편광 성분의 결합광은 지연선 제어기(190)로 입력되고 지연선 제어기(190)는 두 편광간의 시간 지연차가 제거되도록 피드백 신호를 가변 지연선(130)에 인가하여 반복적으로 제어한다.



- <50> 이 결과, PMD 보상 장치(100)의 출력으로부터 PMD가 보상된 신호를 최종적으로 얻을 수 있다. 이와 같이, PSP 제어를 시간 지연차 제어로부터 분리하여 독립적으로 제어함으로써 보상시에 소요되는 시간을 대폭 줄이는 동시에, 시간에 따라 변하는 PMD에 자동 적응하여 고속으로 보상할 수 있다.
- <51> 한편, 위에 기술된 바와 같은 구조로 이루어지는 PMD 보상 장치에서, PSP 감시부(60)의 구조를 다르게 구성할 수도 있다.
- <52> 도 3에 본 발명의 실시 예에 따른 PSP 감시부의 다른 구조가 도시되어 있다.
- <53> 도 3에 도시되어 있듯이, 본 발명의 실시 예에 따른 PSP 감시부는 광학탭(310), 페러데이 회전소자(FR3)(320), 및 전반사 거울(M3)(330), 광검출기(340) 및 대역 통과 필터(35)를 포함할 수 있다.
- <54> 여기서는 부분 투과 거울(M2)(154)을 사용하는 대신에, 광학탭(310)을 사용하여 PSP 감시를 위한 광을 분기하고 나머지 광성분은 파라데이 회전소자(FR3)(320)와 전반사거울(M3)(330)에 의해 편광이 90도 회전되어 전반사된다. 한편, 도 1의 두 거울 M1(144), M2(154)에서 반사되어 광학탭(180)으로 보내어진 두 광성분은 서로 중첩되어 광학탭(180)에 의해 일부는 분기되어 지연선 제어기(190)로 입력되고 나머지는 최종적인 출력신호로서 보상 장치(100)로부터 빠져 나온다.
- <55> 또한, 위에 기술된 바와 같은 구조로 이루어지는 PMD 보상 장치에서, 지연선 제어기의 구조는 다음과 같이 구성할 수 있다.
- <56> 도 4에 본 발명의 실시 예에 따른 지연선 제어기의 세부적인 구조가 도시되어 있다.

- <57> 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시 예에 따른 지연선 제어기(400)는 광검출기(410), 대역 투과 필터(420), 전력 비교부(430), 피드백 제어 신호 인가부(440)를 포함한다.
- <58> 이러한 구조로 지연선 제어기(400)로 입력된 광은, 광검출기(410)에 의해 전기신호로 변환되고 대역투과필터(420)를 거쳐 특정주파수 성분이 여과된다. 전력 비교부(430)는 이 전기신호와 이전에 측정된 값과 비교하여 비교결과 둘 중 더 큰 값을 선택하도록 피드백 제어신호 인가부(440)를 통해 가변지연선(130)에 피드백 제어신호를 인가하도록 한다.
- <59> 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 지연선 제어기는 또 다른 구조로 이루어질 수 있다.
- <60> 도 5에 본 발명의 실시 예에 따른 지연선 제어기의 또 다른 구조가 도시되어 있다.
- <61> 도 5에서, 지연선 제어기(500)는 편광도( Degree of Polarization, 이하, DOP라고 명명함) 측정부(510), DOP 비교부(520), 피드백 제어 신호 인가부(530)를 포함할 수 있다.
- <62> 이 경우, 지연선 제어기(500)로 입력된 광은 DOP 측정부(510)에 입력되고, DOP 측정부(510)는 입력된 광의 DOP를 측정한다. DOP비교부(520)는 현재 측정된 DOP와 이전 측정값을 비교하여 더 큰 값을 선택하도록 피드백 제어신호 인가부(530)를 통해 가변 지연선(130)에 피드백 제어신호를 인가한다.
- <63> 이상과 같이 PC 제어를 지연선 제어로부터 분리하여 반복적인 피드백제어과정을 거치면 결국 보상된 신호를 얻게 된다.
- <64> 이하에서는 본 발명의 실시 예에 따른 피드백을 통한 본 발명의 PMD 보상원리를 보다 구체적으로 기술하기로 한다.
- <65> 앞서 기술한 바와 같이 전송 광섬유(20)에는 고속축(fast axis)과 저속축(slow axis) 즉, 두개의 수직한 PSP가 존재한다. 이 두 PSP 성분을 각각 PSP+와 PSP-라고 표기한다.

단색광(monochromatic light)의 광원이 외부 변조기를 통과하여 전송 광섬유(20)에 입사한다고 가정하자.

<66> 입사광은 두 수직한 PSP 성분사이에서 군지연차(DGD, Differential group delay)  $\tau_f$ 인 시간 지연차를 겪고, 전송 광섬유(20)를 통과한 후 PC(110)를 거쳐 PBS(120)의 제2 경로상의 파라데이 회전 소자(FR2)와 거울(M2)을 경유하여 광검출기(156)로 입력된다. 광검출기(156)에 의해 광전 변환된 신호의 전력스펙트럼은 다음과 같이 표현된다.

<67>

$$S_1(\omega) = (1-R)^2 \alpha_o^2 I_o^2 \{ (a^4 + b^4 + 2a^2b^2 \cos \omega \tau_f) |F(\omega)|^2 + 4a^2b^2 |H(\omega)|^2 \cos^2 \omega_o \tau_f - 4ab \cos \omega_o \tau_f \cdot \text{Re}[(a^2 \exp(i\omega \tau_f) + b^2) F(\omega) H^*(\omega)] \}$$

【수학식 1】

<68> 여기서,  $F(\omega)$ 와  $H(\omega)$ 는 각각  $\cos^2(\Delta\phi(t)/2)$ 와,  $\cos(\Delta\phi(t+\tau)/2)\cos(\Delta\phi(t)/2)$ 의 푸리에 변환(Fourier transform)이고,  $a = \cos\theta_o \cos\theta$ ,  $b = \sin\theta_o \sin\theta$ 이다.  $\Delta\phi(t)$ 는 외부 변조기의 두 도파로(waveguide) 사이의 위상차이고,  $\omega_o$ 는 광주파수,  $\alpha_o$ 는 전송 광섬유손실, R은 거울(M2)의 반사율,  $\theta_o$ 는 광섬유 입력광의 편광과 광섬유의 고속축(PSP+)이 이루는 각이고,  $\theta$ 는 전송광섬유 출력광의 PSP+ 성분과 편광분리기의 한 편광축(x-axis)이 이루는 각이다.  $I_o$ 는 송신단 광원의 세기이고  $\omega$ 는  $\omega = 2\pi f$  이다.

<69> PMD 보상 장치의 각 구성 광소자들의 삽입손실(insertion loss)은 무시할만하다고 가정하였다. 다만, 제 1 경로(122) 및 제2 경로(124)에서 반사된 두 신호광의 세기를 같도록 해주기 위해서, 제2 경로(124)에서 반사된 광이 거울 M2(154)에 의해 투과율 1-R만큼 겪은 손실과 동등한 양의 손실을 제1 경로(122)에서 경험하도록 하게 하는 것이 필요한데, 이를 위한 방법으로 가변 지연선(130)의 실제 삽입 손실을 이용하는 것과 가변 감쇠기를 제1 또는 제2 경로(122,124)에 배치하여 조정하는 방법 등이 사용될 수 있다. 일반적으로 비트 타임(bit

time)이 T인 PRBS(Pseudo random bit sequence) NRZ 데이터 펄스신호에 대해  $F(\omega)$ 는 sinc함수를 가지며 주파수  $f = n/T$  ( $n=1,2,3,\dots$ )에서 0의 값을 가진다.

<70> 도 6에 이러한 주파수들 중 10 GHz에서  $\theta$ 의 변화에 따른  $s_1(\omega)$ 의 변화를 나타낸 그래프가 도시되어 있다. 첨부한 도 6에 도시되어 있듯이,  $s_1(\omega)$ 는  $\theta = n\pi/2$  ( $n=0,1,2,\dots$ )에서 최소값에 수렴하고 있다. 이것은 두 PSP성분이 PBS의 수직한 두 축과 평행하게 정렬되어 각각 따로 분리가 되었음을 의미한다. 이렇게 하기 위해서는  $s_1(\omega)$ 의 현재 측정값과 이전 측정값을 비교하여 그 중 작은 값을 선택하도록 PC에 피드백전압을 인가하는 피드백과정이 필요하다. PSP 추적을 위한 이러한 반복적인 피드백과정을 거치게 되면 결국  $\theta = n\pi/2$  ( $n=0,1,2,\dots$ )되고 따라서, 두 PSP 성분은 PBS(120)에 의해 각각 분리되어 서로 다른 경로를 따라 진행하게 된다.

<71> 도 7에 10GHz외에 20GHz, 30GHz에서  $\theta$ 에 따른  $s_1(\omega)$ 의 변화를 나타낸 그래프가 도시되어 있다. 도 7에서는 20GHz, 30GHz에서도 PSP 분리를 위한 PSP 추적이 가능함을 보여주고 있다.

<72> 비트 타임에 대한 펄스폭 비가 0.5인 RZ 데이터 펄스신호인 경우에는 PSP 추적이 가능한 감시주파수는  $f = 2n/T$  ( $n=1,2,3,\dots$ )가 된다. 이러한 실시간 PSP 추적방법은 시간적으로 변화하는 PMD에도 두 수직한 PSP성분이 항상 분리가 되도록 유지시켜준다.

<73> 한편, 분리된 두 PSP성분은 각각 제1 경로(122) 및 제2 경로(124)를 따라 진행하고 반사되어 다시 PBS(120)를 통해 결합된 다음에, 광학탭(180)을 경유하여 지연선 제어기(190)로 입력된다.

<74> 지연선 제어기(400)가 도 4의 구조로 이루어지는 경우, 광학탭(180)으로부터 광검출기(410)로 입력된 광은 전기신호로 변환되어 다음과 같은 전력스펙트럼을 얻을 수 있다. PRBS NRZ 펄스신호에 대해 전력스펙트럼은

<75> 【수학식 2】  $S_2(\omega) = k_o^2 R^2 \alpha_o^2 I_o^2 [1 - \sin^2 2\theta_o \sin^2(\omega\tau/2)] \cdot |F(\omega)|^2$

<76> 와 같이 표현될 수 있다. 여기서  $\tau$ 는 전송 광섬유 상에서 발생한 DGD $^{\tau_f}$ 와 보상 장치에서 발생시킨 DGD $^{\tau_c}$ 의 합으로서 총 DGD양을 나타낸다.  $\omega$ 는  $\omega = 2\pi f$ 이고  $k_o$ 는 광학탐의 결합비를 표시한다. 보상된 신호를 얻기 위해서는 총 PMD 양  $\tau$ 가 0이 되어야 한다. 이 때, 특정주파수에서  $S_2(\omega)$ 는 최대값을 나타낸다. 즉, 특정 주파수에서  $S_2(\omega)$ 의 현재 측정값과 이전 측정값을 비교하여 더 큰 값을 선택하도록 가변 지연선에 피드백전압을 가하는 방식의 반복적인 피드백 과정을 거치면, 최종적으로  $S_2(\omega)$ 의 최대값을 얻게 되고 이때,  $\tau$ 는 0의 값을 가지므로 보상 신호를 얻게 되는 것이다. 주의해야 할 점은  $\tau = n/f$  ( $n=1,2,3,\dots$ )에서도  $S_2(\omega)$ 가  $\tau=0$ 에서와 같이 최대값을 보인다는 사실이다. 즉, 수학식 2에서 감시 주파수가 5GHz 인 경우,  $\tau$ 가 200ps에서도 최대값을 가지므로 추적 과정을 통해 여기로 수렴할 수도 있다는 것이다.

<77> 이러한 모호한 신호를 방지하기 위해서 주파수 5 GHz경우 총 DGD양의 범위가 100ps이하로 제한된다. 이러한 총 DGD양의 범위는 감시주파수에 따라 변화한다. 감시주파수가 감소할수록 조정 가능한  $\tau$ 의 범위는 증가한다.

<78> 한편, 지연선 제어기(500)가 도 5에 도시된 구조로 이루어지는 경우에는, DOP 비교부(520)가 입력광의 DOP를 측정하여 이전 측정값과 비교하여 더 큰 값을 선택하도록 피드백 전압을 가변 지연선(130)에 인가하도록 피드백 제어신호 인가부(530)에 명령을 내린다.

<79> PRBS NRZ신호일 경우  $\tau$ 가 0으로 감소할수록 DOP는 증가한다. 따라서 DOP가 최대가 될 때  $\tau$ 는 0이 되어 최종적으로 보상신호를 얻게 된다.

<80> 한편, 도 1의 PMD 보상 장치(100)에서 제1 및 제2 경로(122,124) 끝단에 위치한 두 파라데이 회전거울(140,150)은 편광을 90도 회전시켜 반사한다. PBS(120)에 입력하는 편광과, 이

입력광이 제1 및 제2 경로 중 어느 한 경로를 따라 진행하여 파라데이 회전거울에서 반사한 후 다시 그 경로를 지나 PBS를 통과한 출력광의 편광은, 그 경로에 위치한 복굴절 요소에 상관없이 항상 서로 수직이다. 이 원리는 다음과 같은 존스행렬(Jones matrix) 표현을 이용하여 증명할 수 있다. 광경로상에 위치한 임의의 매질을 단일 매트릭스(unitary matrix), 90도 회전행렬을 R이라고 표기하면, 존스행렬은 다음과 같다.

<81>

$$\text{【수학식 3】} \quad M = \begin{pmatrix} a & b \\ -b^* & a^* \end{pmatrix}, \quad R = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

<82> 입력편광이 매질 M을 통과하여 파라데이 회전거울에서 회전과 함께 반사한 후 다시 M을 통과했을 때 경험하는 총 복굴절은  $M^T R M$  로 표현되며, 이것은 계산하면 R과 같게 된다. 즉, 반사 편광은 입사 편광과 항상 90도로 수직을 이루게 된다. 그러므로 반사 편광은 도 1의 PBS(120)를 통해 항상 광학탭(180)이 위치한 출력경로로 향하게 된다. 따라서, 제1 및 제2 경로의 구성 매질로서 공기, 편광유지 광섬유(PMF, Polarization Maintaining Fiber) 뿐만 아니라, 임의의 복굴절 매질인 단일모드 광섬유(SMF, Single Mode Fiber)도 사용이 가능하며, 시스템의 안정성과 신뢰성을 보장한다.

<83> 이상에서 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

#### 【발명의 효과】

<84> 이러한 본 발명의 실시 예에 따르면, PSP 제어를 시간지연차 제어로부터 분리하여 독립적으로 제어함으로써, 보상 소요 시간을 대폭 단축하는 동시에 시간에 따라 변하는 PMD에 자동으로 적응하여 고속으로 PMD를 보상할 수 있다.

<85> 또한, 보상 장치의 구성 요소로 부분투과 파라데이 회전거울을 사용함으로써 손실을 감소할 수 있고, 또한, 두 광경로의 구성매질로서 공기 및 편광유지 광섬유 뿐만 아니라 단일모드 광섬유도 사용할 수 있어 보상기의 효율성과 신뢰성을 보장할 수 있다.

## 【특허청구범위】

## 【청구항 1】

광전송 시스템의 전송 광섬유에서 발생하는 편광모드 분산을 보상하는 장치에 있어서,  
상기 전송광섬유를 통해 수신된 신호광의 편광의 상태와 방향을 변환하는 편광조절기;  
상기 편광조절기로부터 출력된 신호광을 수직한 두 개의 출력편광으로 분리하여, 이 중  
제 1편광성분은 제1 경로로 전송하고, 제2 편광성분은 제2 경로로 각각 전송한 후, 각 경로의  
끝단에서 반사되어 돌아온 두 편광성분을 다시 결합하여 출력 경로로 전송하는 편광 광 분할기  
;

상기 제1 경로를 진행하는 제1 편광성분에 시간지연을 가변적으로 인가하는 가변지연선  
;

상기 제1 경로의 가변 지연선으로부터 출력된 편광을 설정 각도로 회전시켜서 반사하는  
파라데이 회전거울;

상기 제2 경로로 진행하는 제2 편광성분 중 일부는 설정 각도로 회전시켜 반사하고, 나  
머지는 수신하여 전기적인 신호로 출력하는 주편광상태 감시부;

상기 주편광상태 감시부로부터 출력된 신호를 이용하여 상기 신호광의 두 개의 수직한  
주편광상태 성분이, 상기 편광 광 분할기의 수직한 두 축에 정렬되도록 상기 편광 조절기를 제  
어하는 편광 조절기 제어기;

상기 편광 광 분할기로부터 출력되어 상기 출력 경로로 진행하는 신호 광을 분기하는  
광학탭; 및



상기 광학택으로부터 분기된 신호광을 이용하여 상기 가변 지연선을 제어하여 신호광의 상기 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분의 시간 지연차를 제거하도록 하는 지연선 제어기를 포함하는 편광모드분산 보상장치.

【청구항 2】

제1 항에 있어서,

상기 제 1 경로에 위치한 파라데이 회전거울은 파라데이 회전소자와 거울을 포함하는 편광모드분산 보상장치.

【청구항 3】

제1 항에 있어서,

상기 주편광상태 감시부는

파라데이 회전소자와 부분 투과거울로 이루어져, 상기 제2 편광성분 중 일부는 설정 각도로 회전시켜 반사하고, 나머지는 투과시키는 부분투과 파라데이 회전거울;

상기 부분투과 파라데이 회전거울에서 투과되는 광을 전기신호로 변환하는 광검출기;  
및

상기 전기 신호 중 설정 주파수 성분을 여과시키는 대역투과필터를 포함하는 편광모드분산 보상장치.

【청구항 4】

제1 항에 있어서,

상기 주편광상태 감시부는,

광학탭;

상기 광학 탭으로부터 통과된 제2 편광 성분을 설정 각도로 회전시켜 반사시키는 파라데이 회전거울;

상기 광학탭으로부터 분기된 광을 전기신호로 변환하는 광검출기; 및

상기 전기 신호 중 설정 주파수성분을 여과시키는 대역투과필터를 포함하는 편광모드분산 보상장치.

#### 【청구항 5】

제1 항에 있어서,

상기 편광 조절기 제어기는,

상기 주편광상태 감시부로부터 출력된 신호의 제1 전력값과 이전에 측정된 신호의 제2 전력값을 비교하는 전력 비교부; 및

상기 전력 비교부의 결과에 따라 상기 제1 전력값과 제2 전력값 중 작은 값을 선택하도록 상기 편광 조절기에 피드백제어신호를 인가하는 피드백 제어신호 인가부를 포함하는 편광모드분산 보상장치.

#### 【청구항 6】

제1 항에 있어서,

상기 지연선 제어기는,

상기 광학탭으로부터 분기된 신호광을 전기신호로 변환하는 광검출기;

상기 전기 신호 중 설정 전력 스펙트럼 성분을 여과하는 대역투과필터;

상기 대역 투과 필터에 의하여 여과된 신호의 제1 전력값과 이전에 측정된 제2 전력값을 비교하는 전력비교부; 및

상기 비교결과 제1 전력값과 제2 전력값 중 큰 값을 선택하도록 상기 가변 지연선에 피드백 제어신호를 인가하는 피드백 제어신호 인가부

를 포함하는 편광모드분산 보상장치.

#### 【청구항 7】

제1 항에 있어서,

상기 지연선 제어기는,

상기 광학탐으로부터 분기된 신호광의 편광도를 측정하는 편광도 측정부;

상기 측정된 제1 편광도와 이전에 측정된 제2 편광도를 비교하는 편광도 비교부; 및

상기 비교결과 제1 편광도와 제2 편광도 중 큰 값을 선택하도록 상기 가변 지연선에 피드백 제어신호를 인가하는 피드백 제어신호 인가부

를 포함하는 편광모드분산 보상장치.

#### 【청구항 8】

제1 항에 있어서,

상기 편광 조절기 제어기는 상기 지연선 제어기로부터 분리되어 독립적으로 운용되는 것을 특징으로 하는 편광모드분산 보상장치.

#### 【청구항 9】

광전송 시스템의 전송 광섬유에서 발생하는 편광모드분산을 보상하는 방법에 있어서,

- a) 상기 전송 광섬유를 통해 수신된 신호광의 편광의 상태와 방향을 편광조절기에 의해 변환하는 단계;
- b) 상기 편광 조절기로부터 출력된 신호광을 편광 광 분할기를 이용하여 수직한 두 개의 출력편광으로 분리하여, 상기 제1 편광성분은 제1 경로로 전송하고, 상기 제2 편광성분은 제2 경로로 각각 전송한 후, 각 경로의 끝단에서 반사되어 돌아온 두 편광성분을 편광 광 분할기에 의해 다시 결합하여 출력경로로 전송하는 단계;
- c) 가변 지연선을 이용하여 상기 제1 경로를 진행하는 제1 편광성분에 시간 지연을 가변적으로 인가하는 단계;
- d) 상기 제 1 경로의 가변 지연선으로부터 출력된 편광을 파라데이 회전거울에 의해 설정 각도로 회전시켜서 반사하는 단계;
- e) 주편광상태 감시부를 이용하여 상기 제 2경로로 진행하는 제2 편광성분 중 일부는 설정 각도로 회전시켜 반사하고 나머지는 투과시키는 단계;
- f) 상기 주편광상태 감시부로부터 투과된 광을 전기적인 신호로 변환하고, 이 전기적인 신호를 이용하여 상기 신호광의 두 개의 수직한 주편광상태가 편광 조절기 제어기에 의해 상기 편광 광 분할기의 수직한 두 축에 정렬되도록 편광 조절기를 제어하는 단계;
- h) 상기 편광 광 분할기로부터 출력되어 상기 출력 경로로 진행하는 신호광을 광학탭에 의해 분기하는 단계; 및
- i) 상기 광학탭으로부터 분기된 신호광을 이용하여 신호광의 상기 제 1 편광성분과 상기 제2 편광성분의 시간 지연차를 제거하는 단계
- 를 포함하는 편광모드분산 보상방법.

## 【청구항 10】

제9항에 있어서,

상기 e) 단계는,

상기 제2 경로로 진행하는 제2 편광성분의 일부는 설정 각도로 회전되어 반사되고, 나머지는 투과하는 단계;

상기 투과된 광을 전기신호로 변환하는 단계; 및

상기 전기 신호의 전력 스펙트럼 중 설정 주파수 성분을 여과시키는 단계를 포함하는 편광모드분산 보상방법.

## 【청구항 11】

제9항에 있어서,

상기 e) 단계는,

상기 제2 경로로 진행하는 제2 편광성분을 광학탭을 이용하여 분기 및 통과시키는 단계;

상기 광학탭을 통과한 편광을 설정 각도로 회전하여 반사하는 단계;

상기 광학탭으로부터 분기된 광을 전기 신호로 변환하는 단계; 및

상기 전기 신호의 전력 스펙트럼 중 설정 주파수성분을 여과시키는 단계를 포함하는 편광모드분산 보상방법.

## 【청구항 12】

제9항에 있어서,

상기 f) 단계는,

상기 주편광상태 감시부로부터 출력된 신호의 제1 전력값과 이전에 측정된 제2 전력값을 비교하는 단계; 및

상기 비교결과 제1 전력값과 제2 전력값 중 작은 값을 선택하도록 상기 편광 조절기에 피드백 제어신호를 인가하여, 상기 신호광의 상기 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분이 상기 편광 광 분할기의 수직한 두 축에 정렬되도록 하는 단계

를 포함하는 편광모드분산 보상방법.

#### 【청구항 13】

제9항에 있어서,

상기 i) 단계는,

상기 광학탭으로부터 분기된 신호광을 전기신호로 변환하는 단계;

상기 전기 신호의 전력 스펙트럼 중 설정 전력 스펙트럼 성분을 여과하는 단계;

상기 여과된 신호의 제1 전력값과 이전에 측정된 제2 전력값을 비교하는 단계;

상기 비교결과 제1 전력값과 제2 전력값 중 큰 값을 선택하도록 가변지연선에 피드백 제어신호를 인가하여, 상기 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분의 시간지연차를 제거하도록 하는 단계

를 포함하는 편광모드분산 보상방법.

#### 【청구항 14】

제9항에 있어서,

상기 i) 단계는,

상기 광학탭으로부터 출력된 신호광의 편광도를 측정하는 단계;

상기 측정된 제1 편광도와 이전에 측정된 제2 편광도를 비교하는 단계; 및

상기 비교결과 제1 편광도와 제2 편광도 중 큰 값을 선택하도록 가변지연선에 피드백 제어신호를 인가하여, 상기 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분의 시간지연차를 제거하는 단계를 포함하는 편광모드분산 보상방법.

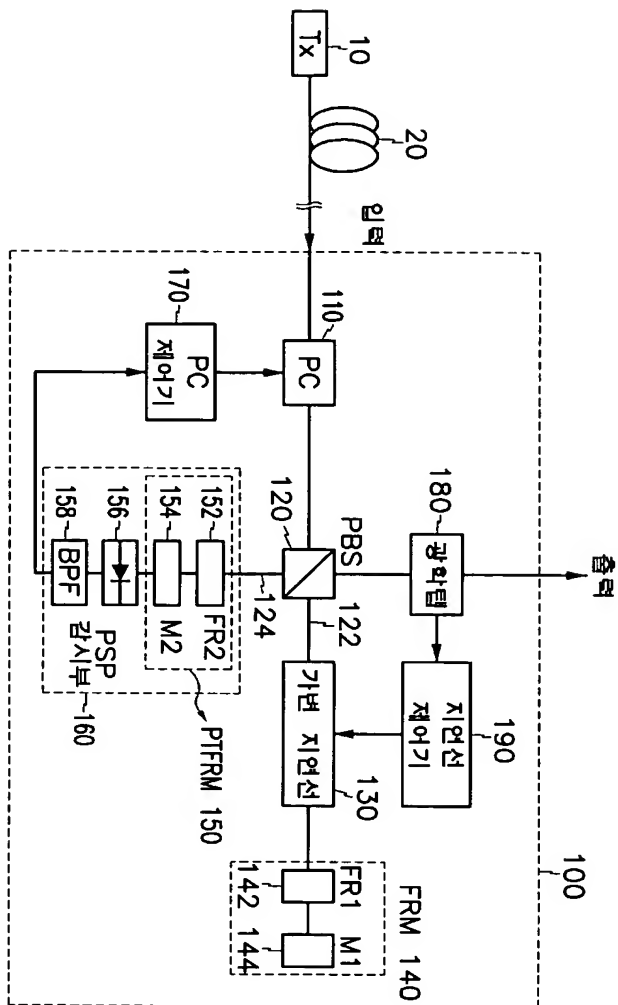
【청구항 15】

제9항에 있어서,

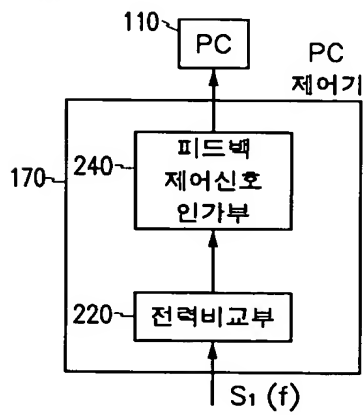
상기 f) 단계와 i) 단계는 각각 분리되어 독립적으로 수행되는 편광모드분산 보상방법.

【도면】

【도 1】

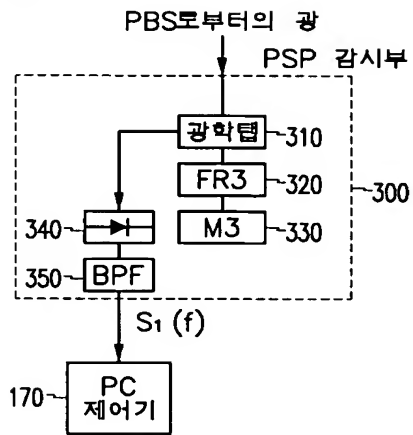


【도 2】

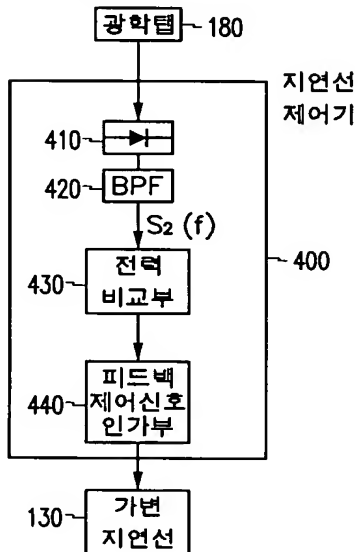




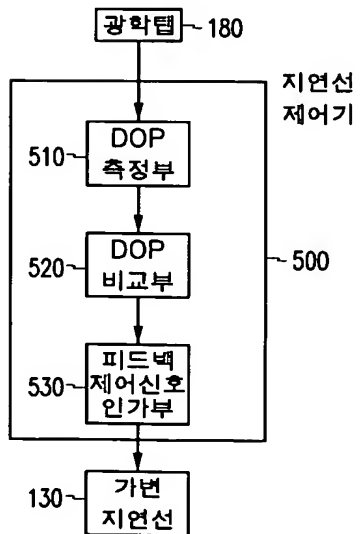
【도 3】



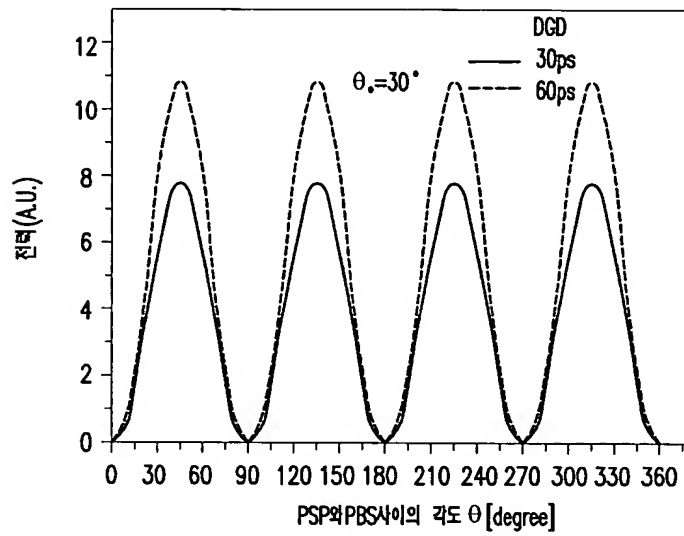
【도 4】



【도 5】



【도 6】



【도 7】

